

Усманова Татьяна Вячеславовна, старший преподаватель кафедры геоэкологии и геохимии Института природных ресурсов ТПУ.

E-mail: usmanova@tpu.ru

Область научных интересов: техногенные месторождения, извлечение ценных компонентов из отходов горного производства, комплексное использование минерального сырья, воздействие горно-промышленного комплекса на окружающую среду.

Таловская Анна Валерьевна, канд. геол.-минерал. наук, доцент кафедры геоэкологии и геохимии Института природных ресурсов ТПУ.

E-mail: talovskaj@yandex.ru

Область научных интересов: геоэкология, геохимия аэрозолей, загрязнение атмосферного воздуха.

Монголина Татьяна Александровна, канд. геол.-минерал. наук, ассистент кафедры геоэкологии и геохимии Института природных ресурсов ТПУ.

E-mail: mongolinata@mail.ru

Область научных интересов: геохимические исследования солевых отложений (накипи) питьевых вод, оценка качества питьевых вод и взаимосвязь со здоровьем населения.

Павлов Игорь Петрович, главный инженер ООО «СУ-ЭК-Хакасия» шахта «Хакасская».

E-mail: PavlovIP@suek.ru

Область научных интересов: воздействие горнопромышленного комплекса на окружающую среду.

УДК 622.333.012.2:504(571.513)

ОЦЕНКА ВКЛАДА УГОЛЬНЫХ ШАХТ В ТРАНСФОРМАЦИЮ СОСТАВА ПРИРОДНЫХ СРЕД (НА ПРИМЕРЕ ШАХТЫ «ХАКАССКАЯ»)

Т.В. Усманова, А.В. Таловская, Т.А. Монголина,
И.П. Павлов¹

Томский политехнический университет
¹ООО «СУЭК-Хакасия» шахта «Хакасская»

E-mail: usmanova@tpu.ru

На основании инструментального нейтронно-активационного анализа, полуколичественного эмиссионного спектрального анализа проб снегового, почвенного и растительного покровов, водных проб, отобранных в зоне воздействия шахты «Хакасская», проводится оценка воздействия шахты на окружающую среду.

Ключевые слова:

Шахта, эколого-геохимические исследования, снеговой покров, почвенный покров, растительный покров, дренажные шахтные воды, хозяйственные сточные воды, геоэкологическое картирование.

Добыча каменного угля представляет собой мощный источник антропогенного воздействия на окружающую среду. По отношению к атмосферному воздуху такими являются энергетические установки, пылящие (горящие) склады угля, дегазационные и вентиляционные установки, ремонтно-технологические службы, транспорт и сопутствующие производства. Угледобывающие шахты являются мощными источниками воздействия на поверхностные и подземные воды, выражающегося в изменении их химического состава и гидродинамического режима. В результате водоотлива с рабочих горизонтов шахт происходит иссушение зоны ведения горных работ, образуются депрессионные воронки понижения уровня подземных вод. Характерными нарушениями на шахтных полях являются просадки поверхности, провалы и трещины, терриконники на складах угля. Просадки поверхности вызывают изменение экологических условий биогеоценоза, прежде всего из-за перераспределения атмосферной влаги.

Суммарная антропогенная нагрузка на территории Усть-Абаканского района Республики Хакасия составляет 2,84, что соответствует территории 4 ранга со средней антропогенной нагрузкой, прогнозируемая степень тяжести возможных заболеваний в г. Черногорске только по бенз(а)пирену оценивается как «пороговые острые заболевания» [1].

В этих сложных экологических условиях было необходимо определить вклад угольных шахт в общее загрязнение окружающей среды региона промышленными предприятиями. Целевым назначением наших работ являлось проведение геоэкологических исследований в зоне воздействия шахты «Хакасская». Шахта расположена на

Черногорском месторождении угля Минусинского каменноугольного бассейна и в настоящее время ведет отработку запасов угля по пласту «Великан –II» в пределах существующего горного отвода.

Технологический комплекс расположен на юге промплощадки, за железнодорожной станцией. На площадке технологического комплекса шахты находятся: склад хранения угля, сортировочный комплекс, железнодорожный погрузочный пункт угля, здание главного наклонного ствола, котельная и прочие вспомогательные здания промплощадки. Промкотельная на шахте «Хакасская» оборудована тремя котлоагрегатами, работающими со слоевым сжиганием топлива на неподвижной колосниковой решетке. Очистка дымовых газов осуществляется в батарейных циклонах.

Главной особенностью изучаемой территории является ее нахождение в зоне влияния крупных объектов добычи минерального сырья. Кроме изучаемого объекта – шахты «Хакасская», в непосредственной близости находятся предприятия, ведущие добычу полезных ископаемых открытым способом, который, как известно, является сильнейшим источником воздействия на окружающую среду по сравнению с подземным способом добычи. На западе и юго-западе от горного отвода находится Черногорский разрез, занимающийся разработкой пластов Черногорского угольного месторождения. На западе от горного отвода находится карьер ООО «Аргиллит», на северо-западе – карьер ОАО «Хакасский бентонит», добывающие глины с использованием взрывных технологий, а на территории промплощадки шахты находится промплощадка ООО «Аргиллит». Эти компании являются поставщиками бентонитовых глин на российский рынок.

Кроме того, на самой шахте, в северо-восточной части горного отвода имеется участок выхода на поверхность горелых пород и плохо рекультивированный карьер, оставшийся после проведения пробной отработки пласта «Новый» месторождения открытым способом.

Таким образом, на территории горного отвода шахты все компоненты природной среды подвергаются сочетанному техногенному воздействию от разного рода источников. Целью проведения наших исследований было установление степени техногенной трансформации природной среды в пределах горного отвода шахты «Хакасская», а также оценка участия различных источников, расположенных на данной территории, в ее трансформации.

Методика исследований

Для оценки состояния компонентов природной среды территории был проведен комплекс работ, виды и объемы которых представлены в табл. 1. Условным фоном для территории горного отвода является пункт № 4, расположенный в юго-восточной части горного отвода.

Таблица 1. Виды и объемы выполненных работ

| № п\п | Виды работ | Ед. изм. | Объем работ |
|-------|--|----------|-------------|
| 1. | Геоэкологическое картирование | км | 204 |
| 2. | Опробование почв и почвогрунтов | проба | 24 |
| 3. | Опробование снегового покрова | | 24 |
| 4. | Опробование донных отложений | | 4 |
| 5. | Опробование исходной глины (ООО «Аргиллит») | | 2 |
| | Опробование исходной глины и отходов ее производства (ОАО «Хакасский бентонит») | | 5 |
| | Опробование золошлаковых отходов котельной основной промплощадки шахты «Хакасская» | | 4 |
| 6. | Биогеохимическое опробование | | 20 |
| 7. | Опробование подземных вод из наблюдательных скважин | | 3 |
| | Опробование дренажных шахтных вод | | 6 |
| | Опробование колодезных вод (д. Курганная) | | 1 |
| | Опробование хозбытовых вод | | 1 |
| 8. | Лабораторные исследования | анализ | 166 |
| 9. | Камеральная обработка материалов | отчет | 3 |

1. Геоэкологическое картирование территории горного отвода шахты с выявлением и нанесением на схему фактического материала визуальных признаков нарушения окружающей среды. Проводилось по территории горного отвода двумя пешими отрядами с шагом обследования 50 м.
2. Эколого-геохимические работы по почвам и почвогрунтам. С целью экологической оценки территории проводились исследования с опробованием почв, а в случае их отсутствия поверхностных грунтов в тех же пунктах, что отбор снегового покрова. Каждая из проб складывалась из элементарных проб, взятых методом «конверта» со стороной 50×50 см.
3. Эколого-геохимические работы по оценке загрязнения атмосферного воздуха проводились с целью оценки пылевой нагрузки на исследуемую территорию и заключались в отборе снеговых проб на территории горного отвода шахты, в районе карьеров ООО «Аргиллит» и ОАО «Хакасский бентонит», д. Курганная и 1 фоновой пробы с фоновой точки с. Боград, находящегося в 65 км к северо-западу от г. Черногорска.
4. Гидролитогеохимические работы по донным отложениям проводились в эксплуатационных горных выработках, в местах выпуска дренажных шахтных вод на поверхность, а также из отстойника дренажных шахтных вод и накопителя хозяйственных вод.
5. Опробование сырья и готовой продукции ООО «Аргиллит» и ОАО «Хакасский бентонит», а также золошлаковых отходов, образующихся при сжигании угля на котельной основной промплощадки шахты «Хакасская», проводилось с целью установления их элементного состава. Полученные данные будут использованы для установления характерных для этих объектов элементов-индикаторов, которые могут быть зафиксированы в составе природных сред на изучаемой территории.
6. Эколого-геохимические работы биогеохимическим методом проведены на территории горного отвода шахты «Хакасская» в тех же пунктах, что отбор снегового и почвенного покровов. Объектом биогеохимического опробования была выбрана полынь как наиболее характерное и распространенное травянистое растение на исследуемой территории. Полынь отбиралась без оценки видовых различий. В пробу бралась наземная часть растения в конце летнего периода.
7. Гидрогеохимические работы по подземным, поверхностным и сточным водам. Проводилось опробование подземных вод по режимным наблюдательным скважинам (скважины 11н, 12н, 16н), дренажных вод из эксплуатационных горных выработок до осветления, из осветлителя и на сбросе из системы водоотлива, в точке сброса дренажных вод на рельеф и из отстойника дренажных шахтных вод. Сточные хозяйственные воды опробовались из накопителя. Поверхностные воды в пределах русла ручья Карасуг не опробовались из-за отсутствия последнего в период пробоотбора. Была отобрана проба воды из колодца в д. Курганная.
8. Лабораторные исследования заключались в пробоподготовке и анализе отобранных проб почвенного, снегового и растительного покровов, донных отложений и воды.

Пробы снегового покрова оттаивались при комнатной температуре. Снеготалая вода фильтровалась и направлялась на анализ в виде фильтрата (снеготалых вод) и отфильтрованной твердой составляющей (представляющей собой пылеаэрозоли, накопленные в снеговом покрове), просеянной через сито с диаметром отверстий 0,1 мм. Пробы почвенного покрова, донных отложений, глин просушивались, просеивались через сито 0,1 см, затем истирались. Пробы растительности высушивались, измельчались, озолялись.

24 пробы снегового, 24 пробы почвенного, 20 проб растительного покровов, 4 пробы донных отложений, 7 проб глин, 4 пробы золошлаковых отходов анализировались в Ядерно-геохимической лаборатории Томского политехнического университета методом инструментального нейтронно-активационного анализа. Такой же объем проб (за исключением проб растительности) анализировался методом полуколичественного эмиссионного спектрального анализа в Аналитической лаборатории СФ «Березовгеология».

5 проб снеготалых вод (полученных при подготовке проб с пунктов отбора, расположенных на промплощадке шахты (№ 14), в зоне воздействия Черногорского разреза (№ 22), в районе расположения вентиляционного шурфа шахты и нерекультивированного карьера (№ 2), в д. Курганная и на условно фоновом пункте (№ 4)), 3 пробы подземных, 6 проб дренажных шахтных, 1 проба питьевой и 1 проба хозяйственной воды анализировались в ПНИЛ гидрогеохи-

мии УНПЦ «Вода» Института природных ресурсов Томского политехнического университета методом полного химического анализа. 4 пробы шахтных вод анализировались в гидрохимической лаборатории ОАО «Томскгеомониторинг» для определения их острой токсичности.

9. Камеральная обработка полученных материалов проводилась на ПЭВМ с использованием программ Microsoft Office, CorelDraw, SURFER-8, STATISTIKA.

Результаты исследований и их обсуждение. Геоэкологическое картирование

В результате проведения работ на площади горного отвода были закартированы обнаруженные мелкие несанкционированные отвалы угля, горелых пород, несанкционированные свалки бытового мусора и металлоконструкций небольших размеров, а также участки проседания земной поверхности от несколько см до 1,7 м (рис. 1). Этот факт свидетельствует о существующей на шахте проблеме проседаний земной поверхности над выработанным пространством, что может приводить к аварийным ситуациям, если не предусматривать защитных мероприятий.

Эколого-геохимическая характеристика снегового покрова

Анализ полученных материалов по пылевым выпадениям на территории горного отвода шахты «Хакасская» показал, что величина среднесуточной пылевой нагрузки изменяется от 16 мг/м²×сут. – (район вентиляционного шурфа №3) до 153 мг/м²×сут. (юго-западная часть горного отвода – в зоне воздействия Черногорского разреза, пункт 21) при средней величине 63 мг/м²×сут.

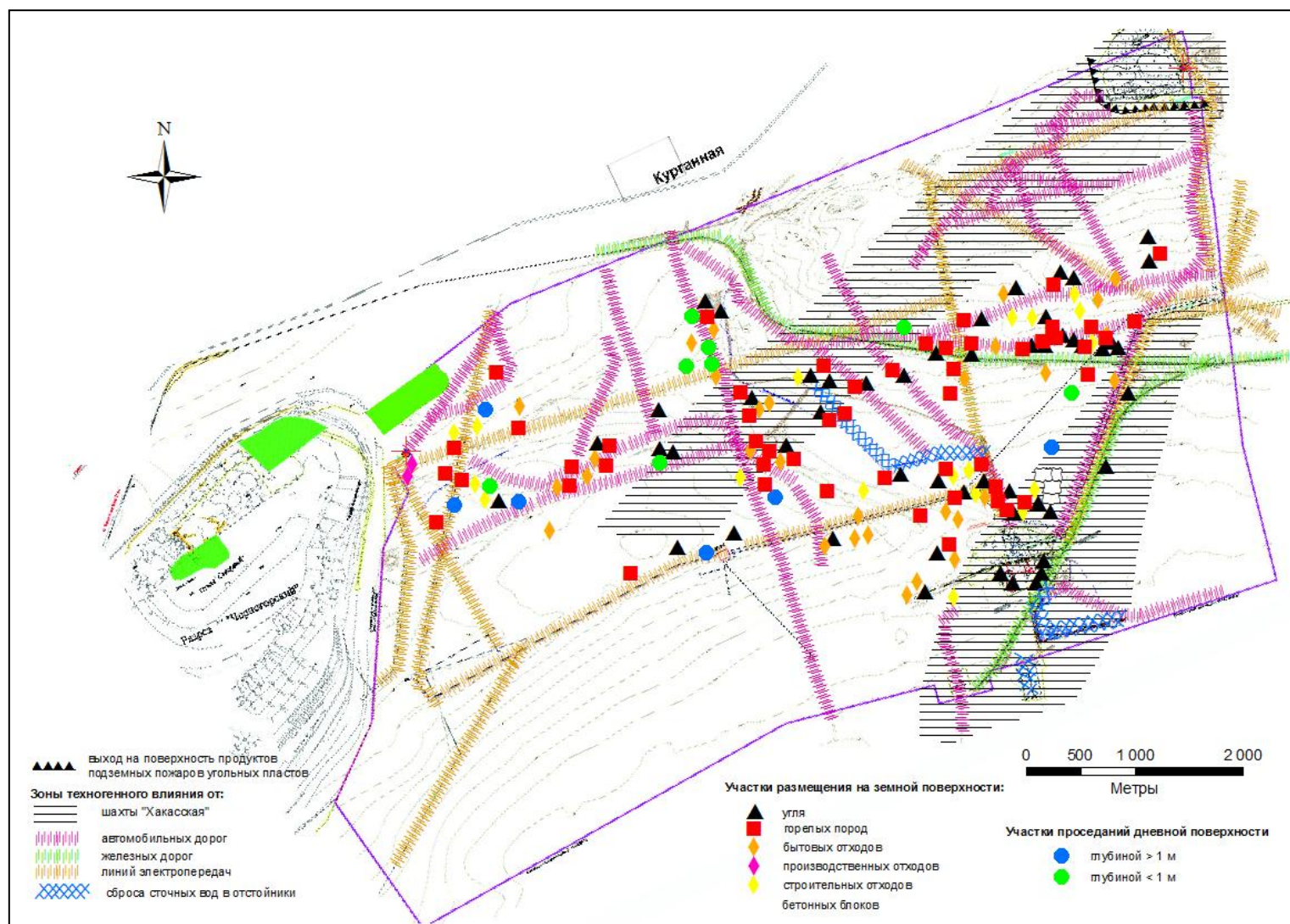


Рис. 1. Карта-схема проявления техногенного воздействия шахты «Хакасская» на окружающую среду

В соответствии с градацией ИМГРЭ [2], величина пылевой нагрузки на территории горного отвода соответствует низкому уровню загрязнения (менее $250 \text{ мг/м}^2 \times \text{сут}$). Максимальные величины пылевой нагрузки на территории горного отвода наблюдаются в районе автодорог (пункты 3, 5), промплощадки ООО «Аргиллит» (пункт 15), в районе вентиляционных выбросов из шахты (пункт 17) и в районе воздействия Черногорского разреза и промплощадки шахты (пункты 18, 19, 20, 21, 22, 23), что отражено на рис. 2. Местный региональный фон (с. Боград) здесь превышен в 7–15 раз.

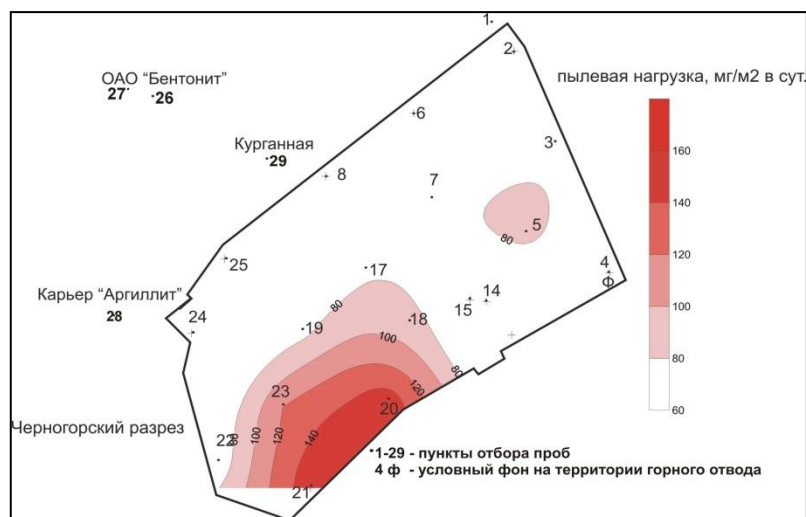


Рис. 2. Величина среднесуточной пылевой нагрузки на территорию горного отвода шахты «Хакасская», по данным снегового геохимического опробования, $\text{мг/м}^2 \times \text{сут}$.

Это является следствием переноса пыли по преобладающим направлениям розы ветров при процессах по добыче, перегрузке и перевозке сырья как на территории горного отвода, так и за его пределами.

Расчеты суммарного показателя загрязнения (СПЗ), выполненные согласно рекомендациям ИМГРЭ [2], показывают, что территория горного отвода характеризуется низкой степенью загрязнения – СПЗ менее 64, в соответствии с градацией, представленной в работе [3]. Но в районе вентиляционного выброса из шахты (точка № 17) фиксируется средняя степень загрязнения (СПЗ от 64 до 128), в формировании этой аномалии принимают участие Sb, Co, Cr, Br, V, Zn, Be, Cs, Ge, Ba, Mg, Ni, Th, Cu и Sc. Ее источником, по-видимому, являются вентиляционные выбросы шахты. Но стоит отметить, что эта аномалия носит частный локальный характер и не распространяется по всей территории горного отвода.

Геохимическую характеристику почвенного покрова через коэффициент концентрации (относительно фоновых значений для с. Боград) изучаемой территории можно представить выражением:

$$\frac{Sc_{26}Sr_{9,5}Sb_{6,4}Cr_{3,3}Co_3Br_2Cs_2Ba_{1,8}Ni_{1,6}V_{1,6}Th_5U_{1,4}Ta_{1,3}Tb_{1,1}Hf_{1,1}}{Yb_1Lu_1Rb_1La_{0,9}Fe_{0,9}Ce_{0,8}Sm_{0,8}Ca_{0,7}Eu_{0,6}Na_{0,3}},$$

где в числителе – элементы с содержаниями выше фоновых, в знаменателе – ниже его.

Ореолы высоких концентраций Br, Au и Ba образуют схожую структуру в северо-восточной части горного отвода и соответствуют расположению шурфов с вентиляционными выбросами (точки № 2, 3, 6, 8) и старому карьеру (точка 1) (рис. 3). Возможно, высокие концентрации Au связаны с составом углей. Br в повышенных концентрациях был также отмечен в углях пласта Новый, который был опробован в районе проведения открытых работ в этой части горного отвода шахты (табл. 2).

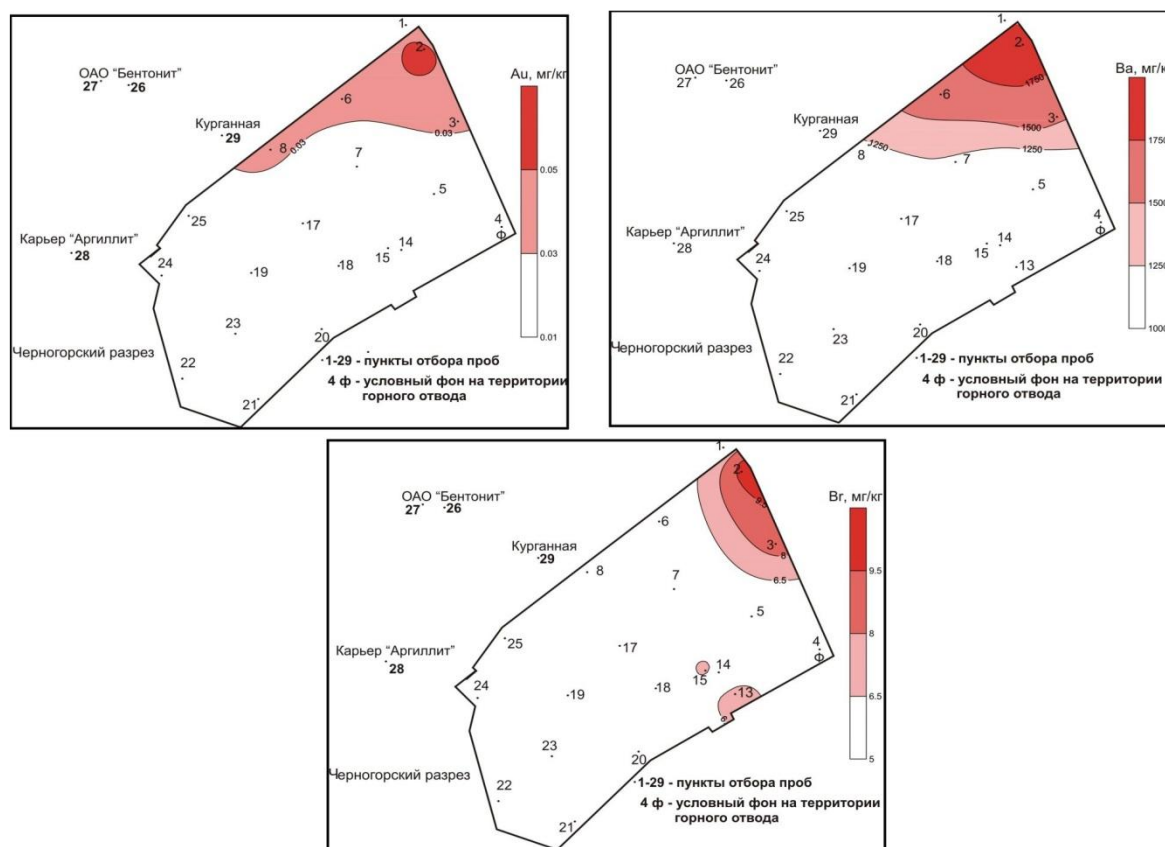


Рис. 3. Пространственное распределение содержания золота, бария и брома в твердом осадке снегового покрова на территории горного отвода шахты «Хакасская»

Ореолы высоких концентраций Cr (3–4 фона), Sc (2 фона) образуют идентичную структуру, вытянутую в юго-западном направлении (рис. 4). Возможно, поступление Cr, Sc и Fe связано с работами на Черногорском угольном разрезе.

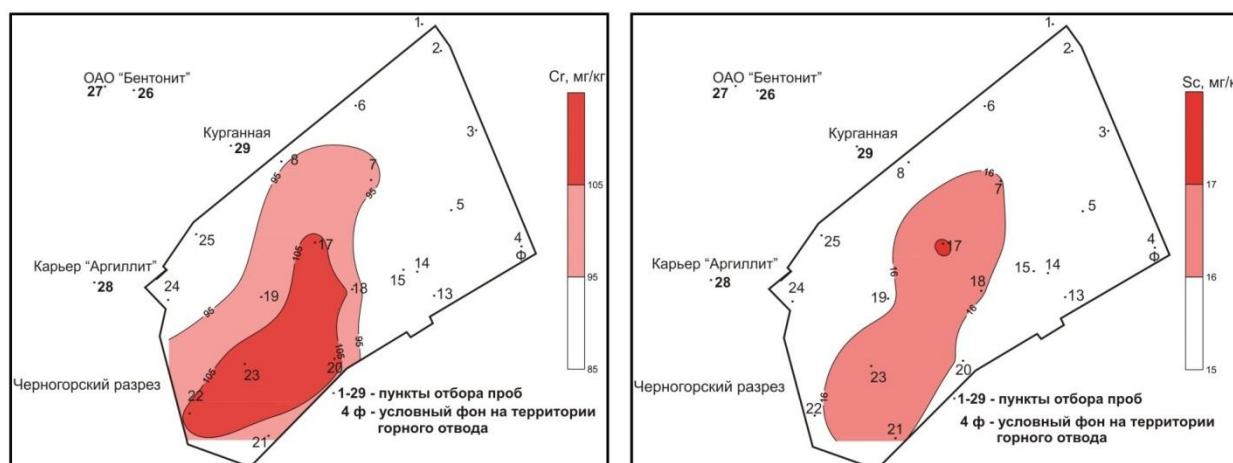


Рис. 4. Пространственное распределение хрома и скандия в твердом осадке снегового покрова территории горного отвода шахты «Хакасская»

Эколого-геохимическая характеристика почвенного покрова

В результате полученных данных был сделан вывод о накоплении в почвах на территории горного отвода шахты Bi, Cu, B, Ca, Br, Na, Ce, Th, Ba, Mg, Pb, Sc, Co и Zn в количествах,

превышающих кларковые значения. Минимальное превышение над кларком для почв составляет: 0,2 раза для Tb, максимальное – 111 раз для Bi.

Геохимическую характеристику почвенного покрова через коэффициент концентрации (относительно кларка) изучаемой территории можно представить выражением:

$$\frac{Cu_{4,1}B_{3,4}Co_{2,8}Mg_{2,4}Pb_{2,3}Br_2Na_{1,8}Ca_{1,7}Sc_{1,7}Zn_{1,7}Ba_{1,3}Th_{1,3}Ce_{1,2}Eu_{1,1}}{Fe_{0,9}U_{0,9}Rb_{0,8}Yb_{0,8}Hf_{0,8}La_{0,7}Cs_{0,7}Sm_{0,6}Lu_{0,5}Cr_{0,4}Ta_{0,3}Sb_{0,2}Tb_{0,2}},$$

где в числителе – элементы с содержаниями выше кларка, в знаменателе – ниже его.

Концентрация кобальта, являющегося элементом 2 класса опасности, в почвах изученной территории по данным ИНАА изменяется от 5 мг/кг в районе карьера ОАО «Хакасский бентонит» (пункт № 26) до 28 мг/кг на промплощадке ООО «Аргиллит» (пункт №15), в среднем составляя 16 мг/кг, что в 1,9 раза превышает его кларк для почв. При этом наибольшие концентрации кобальта в почвах обнаружены в районе промплощадки шахты (3 кларка) и ООО «Аргиллит» (3,5 кларка), на фоновом пункте – 2,9 кларка, в районе рекультивированного карьера (2,5 кларка), в зоне воздействия Черногорского разреза (1,5–2,6 кларка), в зоне выброса из вентиляционного шурфа №3 (пункт 2) – 2,2 кларка и в д. Курганная – 1,9 кларка. Результаты эмиссионно-спектрального анализа (ЭСПА) подтверждают повышенные (относительно кларковых значений) концентрации Со в почвах по всей территории горного отвода шахты. И так как Со в углях Черногорского месторождения находится в повышенных концентрациях (табл. 2), то можно сделать вывод, что именно разработка этого месторождения приводит к накоплению Со в почвенном покрове изучаемой территории.

Концентрация бария, являющегося элементом 3 класса опасности, в почвах изученной территории изменяется от 207 мг/кг (пункт № 19) до 1109 мг/кг (зона воздействия Черногорского разреза, пункт № 23), в среднем составляя 658 мг/кг, что в 1,3 раза превышает его кларк для почв. Наибольшие концентрации Ва в почвенном покрове территории обнаружены на промплощадках шахты (2 кларка) и ООО «Аргиллит» (1,5 кларка), в районе рекультивированного карьера (1,6 кларка), в районах расположения вентиляционных шурфов (1,5 кларка), в районе расположения карьера и места сброса сточных вод ОАО «Хакасский бентонит» (1,6 кларка), в д. Курганная (1,8 кларка) и в зоне воздействия Черногорского разреза (2,2 кларка). Этот факт можно объяснить высокими концентрациями Ва в добываемых и перерабатываемых глинах и углях (табл. 2).

Концентрация брома в почвах территории изменяется от значений ниже предела обнаружения методом ИНАА до 20 мг/кг, в среднем составляя 10 мг/кг, что в 2 раза превышает его кларк для почв. Следует отметить, что практически на всей изученной территории отмечены концентрации Br, составляющие 2,2–4 кларка. Наибольшее накопление Br в почвах обнаружено в зоне воздействия Черногорского разреза, на промплощадке шахты. Источником брома на рассматриваемой территории могут являться угли пласта Новый, в которых он обнаружен в повышенных концентрациях (табл. 2). Этот пласт был вскрыт при разработке Черногорского разреза, а также проводилась пробная его добыча открытым способом из карьера, располагающегося на северо-востоке горного отвода шахты «Хакасская».

Таблица 2. Содержание химических элементов в углях разрабатываемых пластов Черногорского месторождения по С.И. Арбузову и др. [4] и в исходном сырье, готовой продукции и отходах ее производства ООО «Аргиллит» и ОАО «Хакасский бентонит» по данным инструментального нейтронно-активационного анализа, г/т

| Материал | | Na, % | Ca, % | Sc | Cr | Fe, % | Co | As | Br | Rb | Sr | Sb | Cs | Ba | La | Ce | Sm | Eu | Tb | Yb | Lu | Hf | Ta | Au | Th | U |
|---|---------------------|----------|----------|------|------|----------|------|-----|------|------|--------|------|------|-------|------|-------|------|------|------|-----|------|------|------|--------|------|-----|
| Кларк для углей* | | - | - | 3,7 | 17 | - | 6,0 | 9,0 | 6,0 | 18 | 100 | 1,0 | 1,1 | 150 | 11 | 23 | 2,1 | 0,43 | 0,31 | 1,0 | 0,2 | 1,2 | 0,3 | 0,004 | 3,2 | 1,9 |
| уголь | Великан-II | 0,1 | 0,48 | 4,4 | 13,5 | 0,57 | 37,3 | <6 | 4,6 | <20 | 441,67 | 0,21 | 0,00 | 66,67 | 10,6 | 12,2 | 1,3 | 0,35 | 0,28 | 0,5 | 0,16 | 1,47 | 0,07 | <0,008 | 2,17 | 0,9 |
| | Новый | 0,9 | 1,08 | 2,73 | 5,00 | 0,72 | 7,57 | <6 | 167 | <20 | 464 | 1,1 | 0,0 | 368 | 8,2 | 26,3 | 1,3 | 0,62 | 0,35 | 1,7 | 0,57 | 2,5 | 0 | <0,008 | 3 | 4 |
| Кларк для золы*** | | 0,9 | - | 24 | 120 | - | 37 | 46 | 32 | 130 | 730 | 7,5 | 8,0 | 980 | 76 | 140 | 14 | 2,6 | 2,1 | 6,9 | 1,3 | 9,0 | 2,0 | 0,024 | 23 | 15 |
| зола | из трубы | <0,1 | 2,1 | 15,3 | 89,9 | 5,5 | 54,2 | <6 | <2 | <20 | 885 | 2,0 | 2,6 | 276 | 44,3 | 74,2 | 4,9 | 1,8 | 0,9 | 3,5 | 0,6 | 7,5 | 1,1 | <0,008 | 11,5 | 6,3 |
| | до фильтра | <0,1 | 1,5 | 15,6 | 189 | 2,4 | 53,3 | <6 | 13,8 | 31 | 900 | 3,1 | <0,8 | 1389 | 44,1 | 74,0 | 10,6 | 1,4 | 1,0 | 4,1 | 0,6 | 8,2 | 1,3 | 0,028 | 10,3 | 6,4 |
| | после фильтра | <0,1 | 1,4 | 12,4 | 46,2 | 2,8 | 47,5 | <6 | 6,5 | <20 | 985 | 1,2 | 0,8 | 713 | 35,9 | 53,3 | 5,0 | 1,3 | 1,0 | 2,8 | 0,5 | 7,2 | 0,6 | <0,008 | 8,4 | 4,4 |
| ЗШО | | 3,3 | 2,0 | 36,7 | 163 | 6,5 | 219 | <6 | 36,7 | <20 | 3287 | 2,9 | <0,8 | 2653 | 122 | 182,5 | 17,6 | 4,1 | 1,9 | 9,6 | 1,6 | 17,1 | 2,8 | <0,008 | 25,2 | 8,5 |
| Кларк в глинах, по Н.А. Григорьеву, г/т | | 1,02 | 2,2 | 15 | 76 | 4,71 | 19 | 9,3 | 57 | 130 | 240 | 1 | 10 | 460 | 48 | 75 | 8 | 1,2 | 0,83 | 2,5 | 0,39 | 5 | 1,4 | 0,0065 | 10 | 4,5 |
| 15 | продукция | 0,5 | 0,2 | 5,7 | 31,0 | 1,2 | 3,0 | <6 | <2 | 65 | 12937 | 1,4 | 4,2 | 23987 | 27,7 | 36,5 | 1,0 | 1,1 | 0,6 | 1,8 | 0,3 | 2,9 | 0,5 | 0,03 | 7,1 | 14 |
| 28 | глина | 0,5 | 0,5 | 6,0 | 15,3 | 2,4 | 5,2 | 39 | 17,2 | 55,9 | 2695 | <0,5 | 2,5 | 939,7 | 55,3 | 102,1 | 7,4 | 2,2 | 1,0 | 3,2 | 0,5 | 7,8 | 1,1 | 0,01 | 9,0 | 3,5 |
| 26 | глина | 1,1 | 0,6 | 7,8 | 17,8 | 2,1 | 3,8 | <6 | 12,4 | 42,3 | 735,1 | <0,5 | 2,2 | 707,2 | 34,3 | 67,8 | 8,6 | 1,2 | 0,8 | 3,4 | 0,5 | 6,5 | 0,6 | 0,01 | 8,3 | 2,6 |
| 26 | глина | 0,5 | 9,1 | 5,0 | 9,8 | 1,4 | 4,5 | <6 | 5,5 | 14,4 | 160,0 | <0,5 | 2,2 | 475,5 | 50,0 | 87,9 | 7,9 | 2,2 | 1,0 | 4,2 | 0,7 | 4,4 | 0,5 | 0,02 | 5,8 | 3,5 |
| 26 | глина | 1,0 | 1,8 | 7,5 | 11,7 | 2,0 | 3,4 | <6 | <2 | 26,0 | 3391,2 | 0,4 | 2,3 | 723,9 | 46,0 | 82,5 | 10,6 | 2,1 | 1,1 | 3,2 | 0,6 | 7,3 | 0,7 | 0,03 | 9,1 | 4,3 |
| 26 | глина | 1,1 | 0,8 | 8,4 | 37,5 | 2,8 | 9,3 | 37 | 10,1 | 8,4 | 298 | <0,5 | 3,5 | 957 | 53,0 | 94,3 | 6,8 | 1,5 | 0,9 | 3,4 | 0,5 | 7,6 | 0,9 | 0,01 | 14,6 | 5,4 |
| 26 | отходы производства | 1,2 | 0,8 | 7,4 | 29,0 | 2,0 | 7,9 | <6 | 11,2 | 49 | 799 | <0,5 | 3,1 | 1212 | 51,4 | 95,1 | 7,6 | 1,3 | 0,9 | 3,7 | 0,5 | 8,7 | 1,1 | <0,01 | 14,4 | 5,9 |
| 26 | среднее | 1,0 | 2,6 | 7,2 | 21,2 | 2,1 | 5,8 | 37 | 9,8 | 28,0 | 1076,7 | 0,4 | 2,7 | 815,1 | 46,9 | 85,5 | 8,3 | 1,7 | 0,9 | 3,6 | 0,6 | 6,9 | 0,8 | 0,02 | 10,4 | 4,3 |

Примечание: * – кларк для каменных углей по Я.Э. Юдовичу, ** – по данным спектрографического анализа; *** – кларк для золы каменных углей по М.П. Кетрис и Я.Э. Юдовичу [5], жирным шрифтом выделены значения, превышающие кларковые

Скандий в почвах обнаружен в повышенных концентрациях по всей изучаемой территории, изменяясь от 7 мг/кг (в районе слива сточных вод ОАО «Хакасский бентонит») до 17 мг/кг (на фоновом пункте № 4), в среднем составляя 11 мг/кг, что в 1,5 раза выше его кларка в почвах. В целом же концентрации Sc в почвах территории составляют 1,5–2,5 кларка, что подтверждается данными ЭСПА. Поступление этого элемента может быть связано с повышенными его концентрациями в добываемых углях Черногорского месторождения.

Аналогично Br и Sc в почвах практически по всей территории исследований в концентрациях, превышающих его кларк для почв в 1,5 раза, накапливается и церий. Уровень его накопления в почвах изменяется от 41 мг/кг (пункт № 5, район железной дороги) до 76 мг/кг (карьер ОАО «Хакасский бентонит»), в среднем составляя 57,5 мг/кг. Это объясняется повышенными концентрациями этого элемента в глинах, добываемых на данной территории.

Торий также обнаружен в повышенных концентрациях (1,4–1,8 кларка) в почвах по всей территории. Уровень его накопления изменяется от 4 мг/кг до 11 мг/кг, в среднем составляя 7,6 мг/кг. Наибольшие концентрации Th обнаружены в районе карьера ОАО «Хакасский бентонит», вентиляционного выброса из шахты, на фоновой точке и на промплощадках шахты и ООО «Аргиллит».

На отдельных участках горного отвода в повышенных концентрациях обнаружен висмут, его содержание превышает кларк в земной коре в 111 раз на фоновом участке (пункт № 4), пункте № 8, промплощадках шахты и ООО «Аргиллит» (пункты 14, 15), в пункте № 17 (район вентиляционного шурфа) и в районе карьера ОАО «Хакасский бентонит». Можно предполагать, что источником поступления висмута в почвы является добыча и переработка глин в данном районе, так как в них содержание Bi превышает кларк для почв в 2,6 раза. Хотя обнаружение его в повышенных концентрациях на условно фоновой территории горного отвода пока не находит объяснения.

Таким образом, характеризуя эколого-геохимическое состояние почвенного покрова, следует отметить, что в нем в повышенных концентрациях накапливаются Co, Ba, Sc, Th, Ce, Br, Sr, Eu, Au, Cu, B, Bi, Mg, Pb, Zn. Наибольшие их концентрации отмечены в зоне воздействия Черногорского разреза, в районе вентиляционных выбросов из шахты, в районе промплощадок шахты и ООО «Аргиллит», а также в районе карьеров ООО «Аргиллит» и ОАО «Хакасский бентонит».

По данным проведенных исследований вклад шахты «Хакасская» в формирование геохимических особенностей почв минимален и фиксируется только в районе промплощадки шахты и ее вентиляционных выбросов.

Эколого-геохимическая характеристика растительного покрова

Из полученных нами данных следует, что повышенные содержания в золе растений на территории горного отвода шахты характерны для Ca, Br, Th, Ba, Sr, Sc и Sb (рис. 5). Минимальное превышение над средним содержанием в золе растений составляет: 0,1 раза для Cr и Ta, максимальное – 28 раз для Sc.

Геохимическую характеристику растительности через коэффициент концентрации (относительно среднего содержания в золе растений континентального типа [3], содержания Lu, Yb, La, Tb, Hf, Rb, Ta, Ce, Sm, Eu сравнивались с кларком ноосферы по Глазовским [6]) на рассматриваемой территории можно представить следующим выражением:

$$\frac{Sc_{28,4}Sr_{16,2}Sb_{8}Ba_{4,2}Th_{2,8}Ca_{1,8}Br_{1,7}}{Fe_{0,8}Rb_{0,7}Eu_{0,6}La_{0,5}Hf_{0,4}Ce_{0,4}Co_{0,3}Cs_{0,3}Sm_{0,2}Yb_{0,2}Na_{0,2}U_{0,2}Tb_{0,2}Lu_{0,1}Au_{0,1}Ta_{0,1}Cr_{0,1}},$$

где в числителе представлены элементы, содержащиеся в золе полыни в концентрациях выше среднего значения для золы растений, а в знаменателе – ниже среднего значения.

Характеризуя эколого-геохимическое состояние растительного покрова, следует отметить, что в нем в значимых количествах накапливаются элементы, находящиеся в значимых концентрациях в минеральном сырье, добываемом и перерабатываемом на изучаемой территории: Ba, Sc, Th, Br, Sr, Sb, Fe, As, Cs, La и U. Причиной поступления этих элементов является их повышенные концентрации в добываемых углях и глинах. Об этом свидетельствуют их наивысшие концентрации в районах расположения основных источников воздействия: Черногорского разреза, карьеров ООО «Аргиллит» и ОАО «Хакасский бентонит», а также в районе основной промплощадки ООО «СУЭК-Хакасия» шахты «Хакасская» и вентиляционных выбросов шахты.

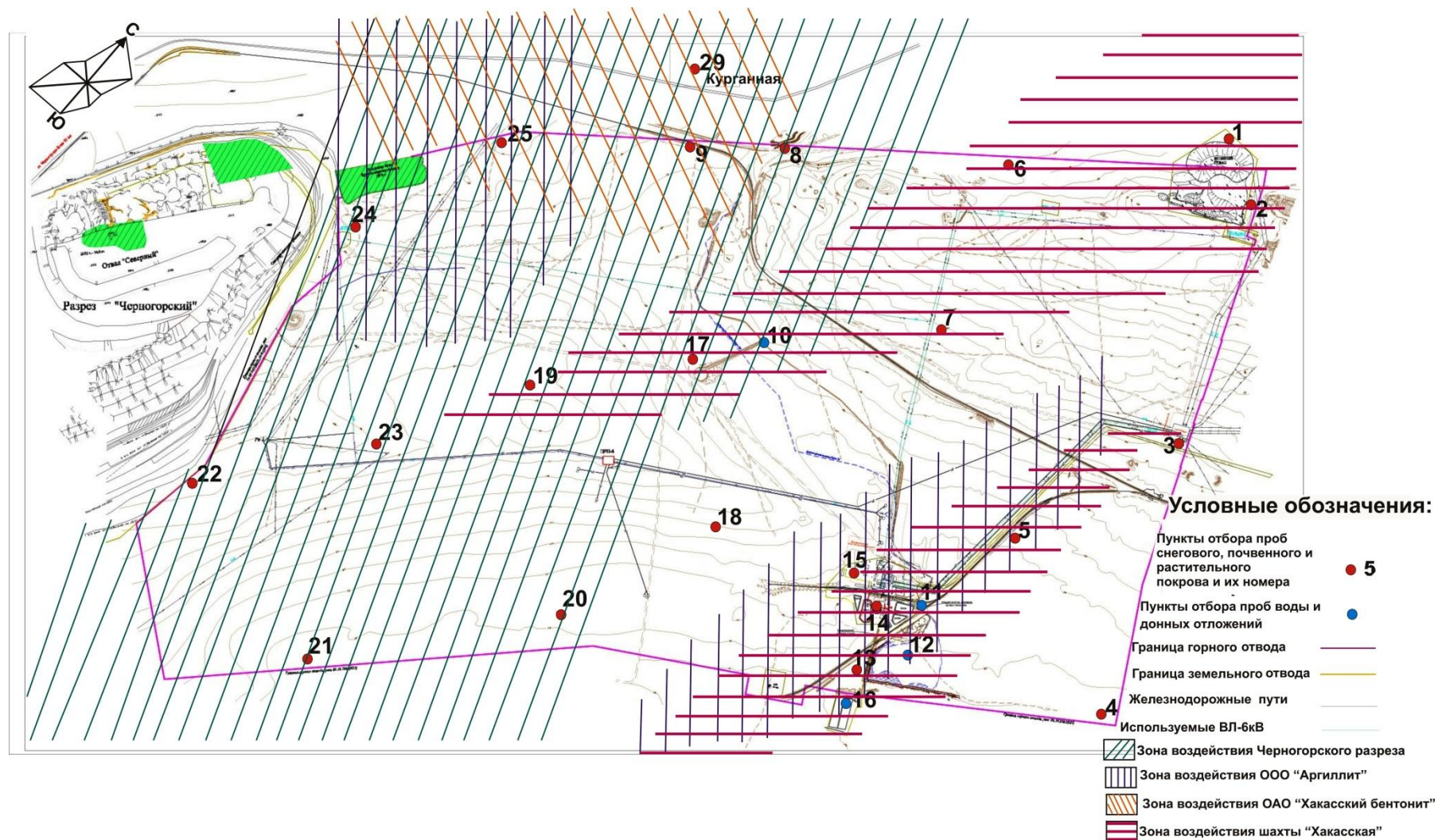


Рис. 5. Схема расположения зон воздействия горнодобывающих предприятий на территорию горного отвода шахты «Хакасская» по данным эколого-геохимических исследований

Гидрогеохимическая характеристика

Анализ гидрогеохимии дренажных шахтных, хозбытовых и подземных вод также показал зависимость состава вод от специфики угольного месторождения. Так, макрокомпонентный состав вод показывает превышение ПДК по минерализации, общей жесткости и тем компонентам, которыми они обусловлены [7]. Наблюдается также превышение ПДК по ХПК, указывающее на повышенное содержание в водах органических веществ. Неотвратимым представляется также повышенное содержание в водах твердых взвешенных веществ, которые представлены частицами угольной пыли. В хозбытовых водах превышено содержание аммонийного азота, что, вероятно, связано с канализационной составляющей сточных вод промплощадки шахты. Анализ микрокомпонентного состава подземных и дренажных шахтных вод выявил превышение по таким компонентам, как Li и B, что может определяться геохимическими особенностями залегающих в данном районе подземных вод.

Выводы

В ходе анализа полученной информации о распределении химических элементов в природных средах данной территории выявлены участки, наиболее подверженные техногенному воздействию, представленные на рис. 5:

- 1) юго-западная часть горного отвода, отражающая влияние Черногорского угольного разреза, распространяющееся по господствующим направлениям ветров и на территорию горного отвода шахты. Доказательством воздействия именно открытой разработки угля (со свойственными ей процессами пыления при взрывах на разрезе, добыче, погрузке и транспортировке угля, при горении и пылении отвалов и т. д.) является максимальная в этой части горного отвода среднесуточная пылевая нагрузка. В данном районе обнаружены повышенные концентрации в твердом осадке снегового покрова: Ba, Br, Cr, V, Be, B, Ni, Ge, Cu, Zn, Cs, Sb, Sc, Ta, Co; в почве: Au, Br, Co, Cu, B, Mg, Pb, Zn, Sc, Sr; в пыли: Ba, Br, Cs, Fe, Sr, Th, Rb, Sc; Ni, Zr, Cr, Cs, La, Hf, Sb, Sc, Sr, Ta, Yb, Th, U, Co; в почве: Bi, Cu, Pb, B, Mg, Sr, Ni, Au, Br, Co, Sc, Ba, Ce, Th, Ce;
- 2) район пункта отбора № 17, здесь осуществляется вентиляционный выброс из шахты. Здесь обнаружены повышенные концентрации в твердом осадке снегового покрова: Br, Cr, Cs, Sb, Sc, Sr, Th, U, Co, Be, B, Mg, Ni; в почве: Bi, Cu, Co, B, Mg, Sc, Pb, Zn, Br, Th; в пыли: Sb, Sc, Sr, Ba, Th.
- 3) район промплощадок шахты и ООО «Аргиллит» с процессами хранения, обработки и погрузки как ископаемого сырья, так и готовой продукции. В этом районе обнаружены повышенные концентрации в твердом осадке снегового покрова: Ba, Cr, Cs, La, Hf, Sb, Sc, Sr, Ta, Yb, Th, U, Co, Be, B, Ni; в почве: Pb, Cu, B, Mg, Au, Br, Co, Sc, Ba, Ce, Th, Ce.
- 4) северо-восточная часть горного отвода (район бывшего карьера и вентиляционных шурфов из шахты). В этой части горного отвода обнаружены повышенные концентрации в твердом осадке снегового покрова: Ba, B, Br, Be, Mg, V, Ge, Ni, Cr, Cs, Sb, Sc, Th, U, Co; в почве: B, Cu, Mg, Zn, Br, Co, Sc, Ba, Ni, Pb; в пыли: Sr, Ba, Sc, Br, Th, As.

Проведенные исследования позволили нам выделить элементы-индикаторы объектов открытой добычи, в зоне воздействия которых находится шахта «Хакасская» и которые вызывают трансформацию состава компонентов природной среды в районе исследований (табл. 3). Таким образом, проведенные исследования показали, что компоненты природной среды испытывают на себе воздействие предприятий, осуществляющих добычу полезных ископаемых в данном районе: угольного разреза «Черногорский» и карьеров по добыче бентонитовых глин ООО «Аргиллит» и ОАО «Хакасский бентонит». Этот факт подтверждается обнаружением химических элементов, находящихся в повышенных концентрациях в добываемом в данном районе ископаемом сырье, в природных средах на территории горного отвода шахты в содержаниях, превышающих нормативные или кларковые показатели.

Таблица 3. Элементы-индикаторы источников воздействия на окружающую среду в районе горного отвода шахты «Хакасская»

| Черногорский разрез | Промплощадка шахты «Хакасская» | ООО «Аргиллит» | ОАО «Хакасский бентонит» |
|--|---|---|---|
| Sc, Co, Cr, Sr, Ta Co, Br, Ba, Ce, Eu, Yb, U | Cr, Sc, Co, Br, Sr, Ba, Eu, Yb, Hf, Ta, Th, Be, V, Pb, | Sr, As, Sb, Ba, La, Ce, Eu, Tb, Yb, Hf, Au, U, Be, Cu | As, Sr, Ba, La, Ce, Eu, Tb, Yb, Hf, Au, Th, U, Li, Zn, Mo, Pb |

Анализируя вышесказанное, можно сделать вывод, что вклад шахты «Хакасская» в загрязнение природной среды рассматриваемой территории минимален, носит локальный характер и проявляется в районе промплощадки шахты, ее вентиляционных выбросов, а также нерекультивированного карьера (рис. 5).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кырова С.А. Оценка геоэкологической обстановки Абакано-Черногорского промышленного района Республики Хакасия (на примере бенз(а)пирена и радионуклидов): автореферат дис. ... канд. географ. наук. – Томск, 2005. – 21 с.
2. Ревич Б.А., Саэт Ю.Е., Смирнова Р.С., Сорокина Е.П. Методические рекомендации по геохимической оценке загрязнения территории городов химическими элементами. – М.: ИМГРЭ, 1982. – 112 с.
3. Геохимия окружающей среды / Ю.Е. Саэт, Б.А. Ревич, Е.П. Янин и др. – М.: Недра, 1990. – 335 с.
4. Редкометалльный потенциал углей Минусинского бассейна / С.И. Арбузов, В.В. Ершов, Л.П. Рихванов и др. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, филиал «Гео», 2003. – 347 с.
5. Ketris M.P., Yudovich Ya.E. Estimations of Clarkes for Carbonaceous biolithes: World averages for trace element contents in black shales and coals // International Journal of Coal Geology. – 2009. – № 78. – P. 135–148.
6. Глазовский Н.Ф. Техногенные потоки вещества в биосфере // Добыча полезных ископаемых и геохимия природных экосистем. – М.: Наука, 1982. – С. 7–28.
7. Усманова Т.В. Оценка качественного состава сточных вод шахты «Хакасская» // Минералогия техногенеза-2012. – Миасс: ИМин УрО РАН, 2012. – С. 275–292.

Поступила 25.06.2012 г.